

PUB-NO: JP358153730A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 58153730 A

TITLE: METHOD OF MANUFACTURING HIGH-TENSILE STRENGTH STEEL PLATE FOR USE AT LOW TEMPERATURE

PUBN-DATE: September 12, 1983

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
<u>KOMATSUBARA, NOZOMI</u>	
<u>WATANABE, SEIICHI</u>	
OTANI, YASUO	
ARIMUCHI, KAZUSHIGE	
SETA, ICHIRO	

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SUMITOMO METAL IND LTD	

APPL-NO: JP57034626  
APPL-DATE: March 5, 1982

US-CL-CURRENT: 148/332; 148/336

INT-CL (IPC): C21D 8/02; C22C 38/12

ABSTRACT:

PURPOSE: To obtain a thick steel plate excellent in low-temp. toughness, weldability and tensile strength useful as a member for an LPG tank, by quenching low-N steel immediately after its hot-rolling is finished, and then tempering it.

CONSTITUTION: Low-N steel contg., by weight ratio, 0.03i-0.20% C, 0.03i-0.75% Si, 0.60i-2.50% Mn, 0.05i-1.50% Ni, 0.05i-0.50% Mo, 0.002i-0.15% Al and NiÂ 0.0035% and having the ideal critical diameter D1 defined by the formula above 10mm is prepared. Said low-N steel is heated at 1,000i-1,300iÆC and hot-rolled into a thick steel plate having predetermined dimensions at a temp. range above Ar3 transformation point. In succession, the steel is then quenched from a temp. above Ar3 transformation point to provide sufficient strength and toughness. After the mixed structure of martensite and bainite is formed in said steel plate, the steel plate is tempered at a temp. below is Ac1 transformation point, to obtain the high-tensile strength thick steel plate not-contg. V but having excellent desired strength and toughness.

COPYRIGHT: (C)1983,JP0&Japio

## ⑫ 公開特許公報 (A)

昭58—153730

⑤Int. Cl.<sup>3</sup>  
C 21 D 8/02  
// C 22 C 38/12

識別記号  
C B A

庁内整理番号  
7047—4K  
7147—4K

④公開 昭和58年(1983)9月12日  
発明の数 2  
審査請求 未請求

(全 8 頁)

## ⑭低温用高張力鋼板の製造方法

住友金属工業株式会社中央技術  
研究所内

①特 願 昭57—34626

⑦発 明 者 有持和茂

②出 願 昭57(1982)3月5日

尼崎市西長洲本通1丁目3番地  
住友金属工業株式会社中央技術  
研究所内

⑦発 明 者 小松原望

⑦発 明 者 瀬田一郎

尼崎市西長洲本通1丁目3番地  
住友金属工業株式会社中央技術  
研究所内

尼崎市西長洲本通1丁目3番地  
住友金属工業株式会社中央技術  
研究所内

⑦発 明 者 渡辺征一

⑧出 願 人 住友金属工業株式会社

尼崎市西長洲本通1丁目3番地  
住友金属工業株式会社中央技術  
研究所内

大阪市東区北浜5丁目15番地

⑦発 明 者 大谷泰夫

⑨代 理 人 弁理士 富田和夫

尼崎市西長洲本通1丁目3番地

## 明 細 書

を含有しない高張力鋼板の製造法。

## 1. 発明の名称

低温用高張力鋼板の製造方法

$$D_I = D_{Ic} \times f_{Si} \times f_{Mn} \times f_{Cu} \times f_{Ni} \times f_{Cr} \times f_{Mo}$$

但し、 $D_{Ic} = 10 \times \sqrt{\%C}$ 、

$$f_{Si} = 1 + 0.64 \times \%Si、$$

$$f_{Mn} = 1 + 4.10 \times \%Mn、$$

$$f_{Cu} = 1 + 0.27 \times \%Cu、$$

$$f_{Ni} = 1 + 0.52 \times \%Ni、$$

$$f_{Cr} = 1 + 2.33 \times \%Cr、$$

$$f_{Mo} = 1 + 3.14 \times \%Mo。$$

## 2. 特許請求の範囲

(1) 重量割合で、C : 0.03 ~ 0.20 %、Si :

0.03 ~ 0.75 %、Mn : 0.60 ~ 2.50 %、Ni :

0.05 ~ 1.50 %、Mo : 0.05 ~ 0.50 %、Al :

0.002 ~ 0.15 %、N : 0.0035 % 以下、Fe 及び

不可避不純物 : 残り、からなり、下記式で示される理想臨界直径 ( $D_I$ ) が 10 mm 以上の鋼を、1000 ~ 1300 °C の温度域に加熱し、続いて  $A_{r3}$  変態点以上の温度域で熱間圧延を施して所定寸法の鋼板に仕上げた後、そのまま  $A_{r3}$  変態点以上の温度から焼入れすることにより、マルテンサイトあるいはマルテンサイトとベイナイトの混合組織を生成せしめ、次いで  $A_{c1}$  変態点以下の温度で焼もどすことを特徴とする、強度及び靱性にすぐれた V

(2) 重量割合で、C : 0.03 ~ 0.20 %、Si :

0.03 ~ 0.75 %、Mn : 0.60 ~ 2.50 %、Ni :

0.05 ~ 1.50 %、Mo : 0.05 ~ 0.50 %、Al :

0.002 ~ 0.15 %、N : 0.0035 % 以下を含み、

さらに、Cu : 0.05 ~ 0.75 %、Cr : 0.05 ~

0.075 %、B : 0.0030 % 以下、Ti : 0.005 ~

0.03 % の 1 種以上を含有するとともに、Fe 及び

不可避不純物 : 残り、からなり、下記式で示される理想臨界直径 ( $D_I$ ) が 10 mm 以上の鋼を、1000

~ 1300 °C の温度域に加熱し、続いて  $A_{r3}$  変態

点以上の温度域で熱間圧延を施して所定寸法の鋼

板に仕上げた後、そのまま $A_{r_1}$ 変態点以上の温度から焼入れすることにより、マルテンサイトあるいはマルテンサイトとベイナイトの混合組織を生成せしめ、次いで $A_{c_1}$ 変態点以下の温度で焼もどすことを特徴とする、強度及び靱性にすぐれたVを含有しない高張力鋼板の製造法。

$$D_I = D_{IC} \times f_{Si} \times f_{Mn} \times f_{Cu} \times f_{Ni} \times f_{Cr} \times f_{Mo},$$

但し、 $D_{IC} = 10 \times \sqrt{\%C}$ 、

$$f_{Si} = 1 + 0.64 \times \%Si,$$

$$f_{Mn} = 1 + 4.10 \times \%Mn,$$

$$f_{Cu} = 1 + 0.27 \times \%Cu,$$

$$f_{Ni} = 1 + 0.52 \times \%Ni,$$

$$f_{Cr} = 1 + 2.33 \times \%Cr,$$

$$f_{Mo} = 1 + 3.14 \times \%Mo.$$

### 3. 発明の詳細な説明

この発明は、低N鋼を、熱間圧延終了後直ちに焼入れし、次いで焼戻しを行なうことによつて、低温靱性が特にすぐれるとともに溶接性も良好な、LPGタンク部材等々に使用される引張強さ60

- 3 -

(CN)を微細に析出せしめて強度を向上する方法(特公昭46-27139号公報参照)等が知られている。

しかし、このような方法では、析出硬化による靱性の低下が避けられず、また、このような組成の鋼においても、直接焼入れ・焼戻し鋼一般にみられるように結晶粒が粗くなり、粗大なベイナイトを生成しやすいという現象が現われるので、靱性の良好な鋼材を得ることは非常に困難なものであつた。

そして、NbやVを含有しない低Ni鋼(例えばAlキルド鋼)を直接焼入れ・焼戻しした場合にも、上述のように、通常の焼入れ・焼戻し材に比べて靱性が劣化することを免れ得ず、これはどのような鋼種にも共通するものであるが、オーステナイト粒が粗大であるため、不完全焼入れ組織となつた場合に粗大ベイナイトが生成して靱性を劣化すること起因するものであつた。

本発明者等は、上述のような観点から、Ni添加量の少ない低合金鋼に、その靱性を劣化すること

kg/mm<sup>2</sup>以上の厚鋼板の製造法に関するものである。

従来、LPGやLNGタンク部材等の低温で使用される鋼材としては、引張強さが50kg/mm<sup>2</sup>級のNi:0.7%程度(以下%は重量%とする)を含有するAlキルド鋼、又は引張強さが60kg/mm<sup>2</sup>級の3.5%Ni鋼が使用されている。

しかしながら、前者は溶接構造物の大型化に伴わないその強度を増すために極厚鋼板を使用する必要があり、特に、LPGやLNGタンクの場合には、38mm厚以上の構造物になると溶接後の応力除去焼鈍が義務づけられているため、タンク製造コストが高くなるばかりでなく、組立て工程も複雑かつ長期間を要することとなるものであつた。また、後者の鋼を使用すると、高価なNiを多量に必要とする関係上鋼板コストが非常に高くなるという問題点を有していた。

一方、近年、低合金鋼を直接焼入れし、次いで焼戻しを行なうことにより高強度を付与する方法が提案されており、その代表的なものとして、低合金鋼にNbやVを添加し、焼戻し過程においてNb

- 4 -

なく高強度を付与する直接焼入れ・焼戻し法を見出すべく、特に、直接焼入れ・焼もどし材の靱性に及ぼす微量元素の影響に着目して研究を行なつた結果、

(a) 鋼中に存在するN成分が、直接焼入れ・焼戻し材の靱性に大きな影響を及ぼすものであり、鋼中のN量を0.0035%以下に低減することにより低温靱性が著しく向上する。これは、鋼材スラブを加熱したとき、鋼中のAlNは分解して固溶Alと固溶Nとして存在するようになるが、熱間圧延によつてAlNの析出が著しく促進されて、圧延中あるいは圧延後焼入れ開始までにAlNが析出し、これらがフェライトの核生成を促進して焼入れ性を低下させるのであり、従つて、N量を低減すれば、AlNの析出が抑制されて焼入れ性が向上し、粗大なベイナイトの生成が抑えられるためであると考えられたこと、

(b) 鋼中のNi成分を低くすることによつて生ずる焼入れ性の低下は、Mn及びMo等の焼入れ性向上成分の特定量を添加することによつて、相当程度

- 5 -

- 6 -

回復できること、

(c) 上述のように、鋼中のN量を0.0035%以下に制限し、さらに少量のMn及びMoを添加した低Ni鋼に、直接焼入れ・焼戻し処理を施すことによつて、衝撃破面遷移温度( $vT_s$ )が $-60^{\circ}\text{C}$ 以下という低温靱性値と、引張り強さ(TS)が $60\text{ kg/mm}^2$ 以上というすぐれた特性を有し、しかも材料コストの安い経済的な溶接用高張力鋼板を得ることができること、

(d) 前記(c)項に示したような組成の鋼中に、さらに特定量のCu, Cr, B及びTiの1種以上を添加したものを、直接焼入れ・焼戻しすれば、強度のより向上した鋼材が得られること、

以上(a)~(d)に示す如き知見を得るに至つたのである。

従つて、この発明は、直接焼入れによる焼入れ効果の付与と、低N化による焼入れ性の向上と、Mn, Mo及びNiの添加による焼入れ性の確保との3条件を組合せることによつて、フェライトあるいは粗大なベイナイトの生成が抑制され、マルテン

- 7 -

$$f_{Mo} = 1 + 3.14 \times \% Mo$$

で示される理想臨界直径( $D_I$ )が $10\text{ mm}$ 以上の鋼を $1000 \sim 1300^{\circ}\text{C}$ の温度域に加熱し、続いて $A_{r3}$ 変態点以上の温度域で熱間圧延を施して所定寸法の鋼板に仕上げた後、そのまま $A_{r3}$ 変態点以上の温度から焼入れすることにより、マルテンサイトあるいはマルテンサイトとベイナイトの混合組織を生成せしめ、次いで $A_{c1}$ 変態点以下の温度で焼もどすことによつて、引張強さが $60\text{ kg/mm}^2$ 以上の強度を有するとともに靱性にも有害なVを含有しない高靱性高張力鋼板を得ることに特徴を有するものである。

次に、この発明の方法において、鋼の成分組成を上記の通りに限定した理由を説明する。

#### ① C

C成分には、焼入れ性と強度を確保する作用があり、その含有量が0.03%未満では前記作用に所望の効果を達成することができず、一方、0.20%を越えて含有せしめると溶接性と靱性が劣化するようになることから、その含有量を0.03~0.20

- 9 -

サイトと微細なベイナイト組織が得られて低温靱性と強度を確保できるとともに、鋼中にさらに特定元素を添加することによつてより強度の向上した鋼材が得られるとの、上述のような知見に基づいてなされたものであつて、重量割合で、C:0.03~0.20%, Si:0.03~0.75%, Mn:0.60~2.50%, Ni:0.05~1.50%, Mo:0.05~0.50%, Al:0.002~0.15%, N:0.0035%以下を含むか、あるいはさらに、Cu:0.05~0.75%, Cr:0.05~0.075%, B:0.0030%以下、Ti:0.005~0.03%の1種以上を含有するとともに、Fe及び不可避不純物:残り、からなり、式、

$$D_I = D_{Ic} \times f_{Si} \times f_{Mn} \times f_{Cu} \times f_{Ni} \times f_{Cr} \times f_{Mo}$$

但し、 $D_{Ic} = 10 \times \sqrt{\% C}$ 、

$$f_{Si} = 1 + 0.64 \times \% Si,$$

$$f_{Mn} = 1 + 4.10 \times \% Mn,$$

$$f_{Cu} = 1 + 0.27 \times \% Cu,$$

$$f_{Ni} = 1 + 0.52 \times \% Ni,$$

$$f_{Cr} = 1 + 2.33 \times \% Cr,$$

- 8 -

%と限定した。

#### ② Si

Si成分には、鋼の脱酸作用があり、その含有量が0.03%未満では前記作用に所望の効果が得られず、一方、0.75%を越えて含有せしめると、溶接性及び靱性を劣化させるようになることから、その含有量を0.03~0.75%と限定した。

#### ③ Mn

Mn成分は、鋼の焼入れ性を確保するために添加するものであつて、その含有量が0.60%未満では所望の効果を達成することができず、一方、2.50%を越えて含有せしめると、溶接性及び靱性を劣化するようになることから、その含有量を0.60~2.50%と限定した。

#### ④ Ni

Ni成分は、焼入れ性の確保と、特に低温靱性の向上に極めて有効であり、このために0.05%以上含有させることが必要であるが、経済性を考慮してその含有量を0.05~1.50%と限定した。鋼板板厚の増大による靱性低下を考慮すれば、特

- 10 -

に 0.4 ~ 1.20 % 程度の添加が好適である。

⑤ Mo

Mo 成分には、鋼の焼入れ性を増大させ、かつ焼戻し軟化抵抗を高め、鋼の強度を向上させる作用があるが、その含有量が 0.05 % 未満では前記作用に所望の効果が得られず、一方、0.50 % を越えて含有させると、溶接性と靱性を劣化するようになることから、その含有量を 0.05 ~ 0.50 % と限定した。

⑥ Al

Al 成分は、直接焼入れ・焼戻しにおいては、オーステナイトの微細化というよりも鋼中に存在する固溶 N を AlN として固定し、靱性を向上させるために重要な成分であり、満足できる効果を得るためには 0.002 % 以上の添加を必要とするが、一方、0.15 % を越えて含有せしめると靱性を劣化するようになることから、その含有量を 0.002 ~ 0.15 % と限定した。

⑦ N

N 分を 0.0035 % 以下とすることは、直接焼入

-11-

⑧ B

B 成分は、焼入れ性向上に有効な元素であるが、0.0030 % を越えて含有させると靱性を劣化させるようになるので、その含有量を 0.0050 % 以下と限定した。

⑨ Ti

Ti 成分には、鋼中の N を固定し、結晶粒を微細化する作用があるが、その含有量が 0.005 % 未満では前記作用に所望の効果が得られず、一方、0.03 % を越えて含有せしめると靱性を劣化させるようになることから、その含有量を 0.005 ~ 0.03 % と限定した。

以上のように、この発明の方法では、焼入れ組織をマルテンサイト、あるいはマルテンサイトとベイナイトの混合組織とすることによつて高強度でかつ高靱性を達成することを特徴としたものであつて、析出強化型元素である V, Nb を添加することなく、引張り強さ :  $60 \text{ kg/mm}^2$  以上を確保することができるものである。ただし、焼入れ性を確保する目的から、鋼の理想臨界直径 ( $D_I$ ) を

-13-

れ時の焼入れ性を低下させないために欠かせないことである。即ち、N 量が 0.0035 % を越えると、圧延中、あるいは圧延後直接焼入れ開始までに、AlN を析出して焼入れ性を低下させ、粗大ベイナイトを生成し、靱性を劣化することとなる。従つて、N 量を 0.0035 % 以下と限定した。

⑩ Cu

Cu 成分には、鋼の強度、靱性、耐食性を向上する作用があるが、その含有量が 0.05 % 未満では前記作用に所望の効果が得られず、一方、0.75 % を越えて含有させると熱間脆性を呈するようになることから、その含有量を 0.05 ~ 0.75 % と限定した。

⑪ Cr

Cr 成分には、鋼の焼入れ性、強度、耐食性を増す作用があるが、その含有量が 0.05 % 未満では前記作用に所望の効果が得られず、一方、0.75 % を越えて含有せしめるとクロム炭化物を形成して靱性を劣化させるので、その含有量を 0.05 ~ 0.75 % と限定した。

-12-

10 mm 以上であることとした。つまり、 $D_I$  を 10 mm 以上とする理由は、実用上使用される厚鋼板 9 ~ 100 mm の中心部をマルテンサイトあるいはマルテンサイトとベイナイト混合組織にするためである。

さらに、加熱温度や焼入れ温度等を上述のように限定した理由を説明する。

加熱温度を 1000 ~ 1300 °C としたのは、1000 °C 以上に加熱しないと熱間加工により所定の板厚に圧延できないからであり、また 1300 °C 以下としたのはオーステナイトの粗大化を防止し、靱性を劣化させないためと、スケールの発生を防止するためである。

圧延後、 $A_{r3}$  変態点以上の温度から焼入れするのは、圧延後直ちに焼入れることによつて焼入れ性を増大させ、十分な強度と靱性を得るためであり、また、そのとき、生成するミクロ組織をマルテンサイトあるいはマルテンサイトとベイナイトの混合組織にするのは、 $60 \text{ kg/mm}^2$  以上の引張強さと良好な低温靱性を得るために必要である。な

-14-

お、従来の  $60\text{ kg/mm}^2$  級高張力鋼は焼入れ性が低いために、直接焼入れによつてもベイナイト1相、あるいはベイナイト+フェライト組織となつて、強度を確保するために、靱性を犠牲にしてV等を添加していたことは前述のとおりである。

次いで、この発明の方法を実施例により比較例と対比しながら説明する。

まず、第1表に示す化学成分を有する板厚  $100\text{ mm}$  の鋼片を  $1100^\circ\text{C}$  に加熱後熱間圧延を行ない、圧延仕上げ温度  $900^\circ\text{C}$  で板厚  $30\text{ mm}$  の鋼板とし、次に、これを直接そのまま水焼入れし（直接焼入れ）、さらに  $630^\circ\text{C}$  で焼戻しを施した。さらに、これとは別に、第1表に示した鋼種1乃至16の、板厚  $100\text{ mm}$  の鋼片を同様に熱間圧延して、 $30\text{ mm}$  厚の鋼板とした後放冷し、これを  $900^\circ\text{C}$  に再加熱してから水焼入れし、 $630^\circ\text{C}$  で焼戻すという従来の熱延鋼板製造法によつて製造した鋼板（通常焼入れ採用）も用意した。そして、これらの各鋼板の板厚中央部からJIS 4号  $2\text{ mm}$  Vノッチシャルピー試験片と、 $8.5\phi$  で平行部長さ  $50$



鋼 種		化 学 成 分 ( 重 量 % )													D <sub>1</sub> (mm)	A <sub>r<sub>3</sub></sub> (℃)	A <sub>c<sub>1</sub></sub> (℃)
		C	Si	Mn	Cu	Ni	Cr	Mo	Al	N	B	Ti	V	Fe			
本 発 明 範 圍	1	0.09	0.18	1.20	-	0.60	-	0.08	0.040	0.0030	-	-	-	残	32.5	73.6	719
	2	0.04	0.10	2.36	-	0.45	-	0.40	0.031	0.0028	-	-	-	残	63.2	70.4	718
	3	0.07	0.25	1.51	-	0.80	-	0.21	0.055	0.0031	-	-	-	残	51.8	72.1	713
	4	0.12	0.05	1.11	-	0.59	-	0.15	0.010	0.0022	-	-	-	残	38.1	72.9	724
	5	0.09	0.45	0.98	-	0.30	-	0.20	0.005	0.0030	-	-	-	残	37.8	77.4	745
	6	0.08	0.24	1.30	-	0.07	-	0.18	0.034	0.0029	-	-	-	残	33.5	75.5	734
	7	0.18	0.26	0.68	-	0.60	-	0.10	0.034	0.0029	-	-	-	残	32.3	73.8	726
	8	0.06	0.60	1.12	-	0.30	-	0.15	0.120	0.0030	-	-	-	残	32.2	77.6	740
	9	0.05	0.20	0.80	-	1.30	-	0.20	0.030	0.0034	-	-	-	残	29.4	75.8	713
	10	0.09	0.19	1.20	-	0.60	0.21	0.14	0.035	0.0028	-	-	-	残	56.0	73.3	716
	11	0.09	0.16	1.20	0.20	0.60	-	0.15	0.030	0.0030	-	-	-	残	39.8	73.3	717
	12	0.08	0.18	1.16	-	0.24	-	0.15	0.040	0.0030	0.0012	-	-	残	30.0	75.7	729
	13	0.09	0.19	1.18	-	0.60	-	0.14	0.034	0.0024	-	0.008	-	残	37.1	74.5	722
	14	0.09	0.20	1.17	0.08	0.22	0.68	0.06	0.032	0.0030	0.0021	-	-	残	68.5	73.8	729
	15	0.07	0.17	1.23	0.64	0.53	-	0.10	0.038	0.0030	0.0008	-	-	残	34.8	73.1	706
	16	0.09	0.18	1.17	0.21	0.61	0.06	0.15	0.030	0.0031	-	0.022	-	残	45.2	72.7	715
比 較 範 圍	17	0.13	0.31	1.18	-	0.53	-	0.18	0.037	0.0101※	-	-	-	残	50.4	73.0	725
	18	0.12	0.20	0.98	-	0.81	0.20	0.15	0.032	0.0081※	-	-	-	残	60.1	72.9	714
	19	0.07	0.18	1.11	-	0.30	-	0.10	0.034	0.0072※	-	0.018	-	残	24.9	76.1	729
	20	0.09	0.18	1.18	0.21	0.60	0.21	0.14	0.040	0.0034	-	-	0.04※	残	57.9	72.9	711
	21	0.08	0.25	0.48※	-	0.60	-	0.20	0.032	0.0032	-	-	0.05※	残	20.8	79.4	733
	22	0.15	0.15	1.40	-	-	-	-※	0.030	0.0030	-	-	-	残	28.6	73.0	720
	23	0.10	0.10	1.32	-	0.60	-	-※	0.042	0.0085※	-	-	-	残	28.3	72.4	717
	24	0.13	0.23	1.35	0.20	0.55	0.20	0.10	0.035	0.0076※	-	-	0.04※	残	70.6	71.8	710

( ※印：本発明範囲外 )

第 1 表

	鋼 種	鋼板製造 方 法	引 張 試 験		衝 撃 試 験	
			降伏強さ(YS) ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )	引張り強さ(TS) ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )	破面遷移温度( $v\text{-T}_s$ ) ( $^{\circ}\text{C}$ )	衝擊値( $vE_{50}$ ) ( $\text{kg-m}$ )
本 発 明 方 法	1	直 接 焼 入 れ	57.6	66.0	-74	23.8
	2		63.0	68.8	-90	28.6
	3		69.0	74.5	-95	29.1
	4		53.1	63.2	-69	21.2
	5		55.3	64.1	-73	20.3
	6		53.3	62.0	-70	22.2
	7		55.6	67.5	-71	15.7
	8		57.3	64.7	-68	19.2
	9		64.6	70.3	-128	29.5
	10		63.8	71.1	-96	28.0
	11		54.5	63.4	-84	28.2
	12		56.2	64.3	-76	26.4
	13		58.2	66.5	-78	24.1
	14		68.8	75.5	-120	28.2
	15		60.1	67.4	-92	28.5
	16		65.3	72.3	-104	26.9
比 較 法	1	通 常 焼 入 れ	44.2	54.2	-89	27.6
	2		48.2	56.3	-92	28.2
	3		50.6	59.3	-88	27.4
	4		40.5	51.7	-80	25.5
	5		41.9	52.1	-82	26.2
	6		41.9	51.8	-74	24.2
	7		42.4	55.5	-78	19.6
	8		43.5	52.6	-85	25.6
	9		47.8	56.2	-97	29.7
	10		49.9	59.4	-90	28.5
	11		43.6	53.7	-87	27.2
	12		43.8	53.5	-82	27.6
	13		43.5	53.6	-84	26.9
	14		51.2	59.8	-83	27.2
	15		46.2	55.4	-87	27.4
	16		48.7	58.3	-82	27.7
	17	直 接 焼 入 れ	64.8	73.4	-42	10.5
	18		68.8	76.2	-36	5.2
	19		47.5	56.6	-25	2.0
	20		69.0	75.2	-54	15.2
	21		51.8	60.7	-33	1.5
	22		49.7	61.2	-32	1.2
	23		53.2	62.6	-32	12.6
	24		67.8	75.8	-45	11.2

第 2 表



mmの丸棒引張り試験片を圧延方向にそれぞれ採取し、その機械的性質を調査した。これらの結果を第2表に示す。

第2表からも明らかな如く、本発明鋼を直接焼入れ・焼戻しすることによつて、引張り強さが $60\text{ kg/mm}^2$ 以上で、しかも破面遷移温度( $vTs$ )が $-60^\circ\text{C}$ 以下の、強度が高くしかも靱性の良好な鋼板を製造できるのである。一方、通常焼入れ・焼戻しを行なつた場合には、靱性は良好であるが強度は低下する結果となり、また従来鋼を直接焼入れ・焼戻しを行なつた場合には強度はでるが靱性に劣る結果となり、本発明方法のように、両方とも良好な鋼板を得ることができない。

上述のように、本発明によれば、高価な成分元素を使用することなく、簡単な工程で、高強度を有するとともにすぐれた靱性をも併せもつた低温用高張力鋼板を製造することができるなど工業上有用な効果がもたらされるのである。